

IMT-2000 서비스의 수요예측 모형에 관한 연구*

안 상 형**

최 강 화***

.....

본 연구는 정보통신 시장에서 지속적으로 성장하고 있는 차세대 이동통신 IMT-2000에 대한 수요를 예측하는 모형을 분석해 보고자 한다.

본 연구는 IMT-2000에 대한 사용 욕구와 IMT-2000 서비스 가격에 대한 자료를 바탕으로 소비자의 IMT-2000 서비스 수요예측 모형에 관한 연구이다. 이를 위해 Markov 전이모형에서시간이 흐르면서 변화하는 IMT-2000의 전이수요는 가입확률의 기댓값으로 표현하는 데, 가입확률의 기댓값은 선택모형을 이용하여 구하고 서비스의 확산은 핸드폰/PCS 가입상태에 있는 잠재 가입자가 시간이 흐름에 따라 IMT-2000 서비스로 대체할 확률로부터 구한다. 또한 IMT-2000 가입확률의 기댓값을 구하기 위해 로지스틱 회귀 모델의 β 값을 추정하여 사용하는 데, 이는 설문조사를 통해 유의하게 나온 요인들을 분석하여 추정하는 방법을 사용한다.

.....

I. 서 론

최근에 정보통신 네트워크를 기반으로 한 다양한 서비스들이 제시되면서 디지털 경제의 미래상이 구체화되어 가고 있다. 디지털 경제의 핵심은 “언제 어디서나 원하는 정보를 손쉽게 얻을 수 있도록 하는 것”인데, 현재 제공되는 정보통신 서비스는 유선의 경우 정보면에서는 멀티미디어 정보이나 즉시성을 제공하지 못하고, 무선의 경우 즉시성은 보장되나 멀티미디어 정보를 제공하지 못하고 음성 정보의 제공에 머

* 본 연구는 서울대학교 경영대학 경영연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

** 서울대학교 경영대학 교수

** 서울대학교 경영대학 박사과정

무르고 있는 실정에 있다. IMT-2000은 이와 같은 유선과 무선의 정보통신 서비스가 가지고 있는 단점을 보완하고 장점을 통합하여 멀티미디어 정보를 즉시 전송한다는 점에서 디지털 경제를 이끄는 강력한 촉매제라고 할 수 있다. 정보통신망의 디지털화 및 광대역화 같은 기술의 발전으로 인하여 기존 서비스의 융합과 신규서비스의 등장이 급속히 이루어지고 있는 상황에서 특히 무선 통신분야에서의 기술발전은 통신시장의 확대와 구조변화를 주도하고 있다. 아울러 산업구조의 변화와 이용자 요구의 다양화, 급속한 기술발전 등으로 이동통신에 대한 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망되며 차세대이동통신에 대한 연구개발이 본격화되고 있다. 본 연구는 지속적으로 성장하고 있는 정보통신 시장에서 차세대 이동통신으로 부각되고 있는 IMT-2000에 대한 수요를 예측하는 모형을 분석해 보고자 한다.

II. 수요 예측 모형

신규 통신 서비스는 기존의 통신 서비스의 품질, media, service coverage 등의 기능을 개선하거나, 몇 가지 기능을 복합적으로 이용할 수 있는 형태로 제공하는 서비스를 의미한다. 이 경우 과거의 기록이나 서비스 이용자들의 분포 등에 관련된 자료가 없기 때문에 과거 자료가 충분히 누적되어 있는 기존 서비스와 달리 신규 통신 서비스의 수요를 예측하기는 용이하지 않다. 일반적으로 수요예측 기법은 과거 자료가 있는 경우 회귀분석이나 시계열 분석, 확산 모형과 같은 계량적인 수요예측 방법을 이용하여 과거 자료로부터 일정한 패턴을 찾아서 수요예측을 하지만 과거자료가 없는 경우에는 집단 회의법, 시나리오법, 델파이, 시장조사, 비교 유추법과 같은 비 계량적인 방법을 활용한다. 신규 통신 서비스의 수요예측은 과거 자료가 없는 경우이므로 비 계량적인 방법을 활용하는 것이 불가피하지만 가능한 한 체계적이고 객관적인 수요예측 절차를 따라야 한다.

1. 미시모형(Micro Model)

미시모형은 횡단면분석(Cross Sectional Analysis)에 기초하며 설문조사를 통하여 대

표적 소비자(representative consumer)의 가입확률과 예상 이용량을 추정하는 것을 목적으로 한다. 미시모형에는 Taylor(1994) 모형과 선택모형(Choice Model) 그리고 Markov 전이모형이 있다. Taylor(1994)는 통신서비스에 대한 수요를 가입수요(access demand)와 이용수요(usage demand)로 나누어 분석하였고 선택모형은 일반적으로 시계열적인 수치를 분석하기보다는 횡단면적인 특성을 분석하기 위해서 활용된다. Markov 전이모형에서는 기존의 서비스에서 새 기능이 추가되어 새로운 형태의 서비스로 진화하는 경우, 사용하지 않고 있는 그룹(X), 기존의 서비스를 사용하고 있는 그룹(C), 진화된 서비스를 사용하고 있는 그룹(N)으로 구분이 가능하다. 이 경우 그룹들간의 관계를 모형화하고 그 관계를 근거로 세 그룹의 규모를 추정하고 예측하는 것이 바람직하다. 시간의 변화에 따라 비 사용자 그룹(X) 중에서 단위기간 중 일정비를 λ_i 가 기존 서비스를 선택하거나 진화된 서비스를 선택하며 그 중 비율 p_i 가 진화된 서비스를 선택하고 기능의 우월성이나 편리성 때문에 기존의 서비스 수요자 중 비율 q_i 가 진화된 서비스로 대체한다. 이 경우 각 그룹의 규모가 시간이 흐르면서 어떻게 변화해 가는지를 Markov Chain의 diagram으로 표현할 수 있다.

2. 거시 모형(Macro Model)

거시모형은 이동전화시장에 대한 기존의 시계열자료를 활용하여 2세대(Generation: G) 및 3G 시장 전체의 성장 및 대체속도 등을 파악한 후 연도별 수요 예측치를 구한다. 거시 모형에는 Bass(1969)의 확산모형과 신제품을 위한 확산 모형과 여러 서비스를 위한 확산모형 등이 있다. Bass(1969)의 확산모형은 제품의 누적구매자 수나 서비스의 누적 가입자 수가 시간이 지남에 따라 S자 곡선을 그리며 늘어나는 현상을 나타낸 것으로 아래의 식과 같이 쓸 수 있다. 제품의 초기구매는 혁신자(innovator)와 모방자(imitator)에 의해 이루어지는 데 혁신자는 기존의 제품구매자수와 무관하게 구매를 하는 반면에 모방자는 이미 제품을 구매한 사람들의 수에 영향을 받는다.

$$S_t = \left(p + q \frac{Y_{t-1}}{N} \right) (N - Y_{t-1})$$

p : 혁신계수(innovation coefficient)

q : 모방계수(imitation coefficient)

N : 궁극적으로 가입하게 될 잠재시장 규모(포화수준)

S_t : t 시점의 당해 연도 가입자수

Y_{t-1} : $t-1$ 시점까지의 누적 가입자수

일반적으로 이러한 확산모형(diffusion model)에 따르면 S자 곡선형태의 성장이 예견되는데 IMT-2000서비스의 경우도 이러한 형태의 성장을 예측하는 것이 무난하다고 볼 수 있으며 이에 따른 2G와의 대체관계로 볼 수 있다.

신제품을 위한 확산 모형은 과거 자료를 이용하여 혁신계수, 모방계수, 잠재시장 규모를 추정해야 하는 데 신규통신서비스와 같이 자료가 부족한 상황에서는 모수 추정이 곤란하다. 따라서 과거자료가 없는 신제품의 경우 확산모형의 모수를 추정하는 방법에 관한 기존의 연구들을 살펴보면 대부분 전문가의 의견을 반영하거나 기존 제품들의 모수를 이용하여 신제품의 모수를 추정하는 방법을 제안하고 있다. Mahajan & Sharma(1986)는 잠재시장 규모와 수요의 최고시점, 최고시점에서의 수요량에 관해 정보를 경영자로부터 수집하여 확산모형의 계수를 추정할 것을 제안하였으며 Lawrence & Lawton(1981)은 시장규모와 첫해의 수요의 크기, 그리고 확산모형에서의 $(p + q)$ 의 추정치에 대한 경영자로부터의 정보를 이용할 것으로 제안했다. Tomas(1985)는 신제품과 기존의 제품의 유사성을 비교하여 기존 제품들의 모수의 가중 평균치를 신제품의 모수로 이용할 것을 제안하였으며 Sultan, Farley & Lehmann(1990) 등은 확산모형의 모수와 시장의 속성들은 상호관련성이 있으므로 이들을 각각 종속변수와 독립변수로 하는 회귀분석에 의해 신제품의 특성과 시장관련속성들을 파악함으로써 확산모형의 모수를 추정하였다. Bayus(1993)는 가격의 추이, 생산비용의 하락추이에 따라 기존제품들을 분류한 후 각 그룹별로 모수들의 평균치를 구하고 신제품의 예상 가격 추이에 의해 신제품이 속하게되는 그룹에 포함된 기존제품들의 확산모형의 모수들의 평균치를 신제품의 확산모형의 모수로서 이용하였다. 본 연구는 기존의 이동통신 사용자들이 신규통신으로의 전이되는 확률을 구하고, 시간이 흐르면서 변화하는 시장의 규모를 선택모형의 IMT-2000 가입 확률의 기대값으로 표현한다. 또한 가입 확률의 기대값을 구하기 위해 logit 모델의 β 를 추정하여 사용한다.

III. IMT-2000의 수요예측 모형

IMT-2000 수요예측모형을 설정하기에 앞서 모형 설정에 대한 근거를 정리하고 모형의 전제가 되는 가정을 정립하는 과정이 행해져야 할 것인 데, Markov 전이모형이 시장환경을 고려하는 측면과 추정방법의 용이성 측면에서 다른 모형보다 좀 더 우월하므로 본 연구에서는 Markov 전이모형을 사용하였다. 특히 기존의 핸드폰/PCS 이동통신 시장이 포화 상태에 도달하였다는 가정 하에, IMT-2000의 전이수요를 중심으로 신규 예상 가입자와 기존의 이용자가 IMT-2000으로 전이하는 Markov 전이모형을 적용하기로 한다.

1. Markov 모형

수요모형은 핸드폰/PCS 서비스를 이용하는 그룹에서 IMT-2000 서비스를 이용하는 그룹으로 전이가 일어나는 non-stationary Markov Model을 가정한다. 잠재 가입수는 일정 시점의 핸드폰/PCS 서비스의 가입자수의 예측치에 IMT-2000 가입확률의 기대값(\bar{P})을 곱하여 구한다. \bar{P} 는 선택모형(choice model)을 이용하여 구하고 IMT-2000 서비스의 확산은 $t-1$ 년도에서 핸드폰/PCS 가입상태에 있는 잠재 가입자가 $t-1$ 시점에 IMT-2000으로 대체할 확률로 부터 구한다.

1) IMT-2000 잠재 가입자수

$N_t^{IMT} = \bar{p} N_t^{c/p}$: t 시점의 IMT-2000 서비스 잠재 시장 규모

$N_t^{c/p}$: t 시점에서의 Cellular/PCS 가입자수 예측

\bar{P} : IMT-2000 가입 확률의 기대값

이라 할 때 다음과 같다.

① 선택모형(Choice model)을 이용한 \bar{P} 의 도출

표본(Cellular/PCS 가입자)을 구성하는 각 개인의 IMT-2000 가입의사를 비가입 또는 가입으로 설문하고 그 밖의 개인의 환경변수와 서비스 특성 등 설문내용을 IMT-

2000 서비스 가입 확률을 설명하는 독립변수들로서 logit model 을 추정한다.

$$P_i(\text{IMT-2000 가입}) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \beta_5 X_{5i} + \dots)}} \quad (1)$$

X_{1i} : (이동 중 통화요금)*(멀티미디어 서비스 사용예정 비율)

X_{2i} : (현재 국내 출장에서 사용하는 이동전화 통화료)

X_{3i} : (IMT-2000 을 이용할 때 지불해야 하는 월통화료)

+ (IMT-2000 단말기 구입비, 가입비 월 환산액과 원 기본료)

- (Cellular/PCS 를 이용할 때 지불해야 하는 월 통화료)

- (Cellular/PCS 단말기 구입비 가입비 월 환산액)

X_{4i} : 소득

X_{5i} : 외근시간

기타 의사결정에 관계되는 변수

위 변수들은 IMT-2000 서비스에 가입할 때와 이동전화에 그대로 남아 있을 때 느끼는 효용의 차이를 설명하는 변수들이며 β 는 최우도추정법(maximum likelihood estimator: MLE)을 사용하여 추정한다.

likelihood function 은 $\prod P_i^{Z_i} (1 - P_i)^{1-Z_i}$ 로

$Z_i = 1$, 응답자가 i 가 가입한다고 답변한 경우

0 , 응답자가 i 가 가입 안 한다고 답변한 경우

	PCS/Cellular	IMT-2000
PCS/Cellular	$1 - P_i$	P_i
IMT-2000	0	1

P_i 는 응답자 i 의 답변에 의해서 만들어지는 위의 식 (1)의 값이 된다. 이로부터

IMT-2000 가입확률의 기대값 \bar{P} 를 구한다.

② 서비스 확산

변수들을 다음과 같이 정의하면 t 년도에 있어서의 Transition Matrix는 다음과 같다.

X_t : t 시점의 IMT-2000 잠재 가입자 중에서 IMT-2000에 가입하는 비율

P_t : t 시점에서 핸드폰/PCS를 사용하고 있는 잠재가입자가 IMT-2000으로 대체할 확률

Y_t : t 시점에서의 IMT-2000 가입자수

$$X_t = X_{t-1} + (1 - X_{t-1}) P_t$$

$$Y_t = X_t \times N_t^{IMT}$$

이 때 전이확률 p_t 는 IMT-2000에 대한 광고나 판촉활동, 서비스의 가격요인과 개인의 소득 및 지불하려는 비용 등이 복합 결과로 나타난다. 또한 주변에서 가입한 사람의 수를 고려하여 서비스가 안정화되고 멀티미디어 서비스가 가능해지는 정도 등에 의하여 결정된다. 이중 광고나 판촉활동은 미래에 대한 시나리오가 부족하므로 설명변수로는 부적절하므로 가격요인과 IMT-2000 서비스에 가입하기 위하여 지불하려는 최대 지불비용을 이용하여 전이확률을 도출한다.

2. 로짓(Logit)분석 방법

① 로짓(Logit) 모델

일반적으로 회귀분석은 아래의 식으로 요약되는 데

$$Y_i = \beta_0 + \sum \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i$$

이 때 Y_i 는 종속변수, $x_{ik}(k=1, \dots, n)$ 는 독립변수, β_k 는 회귀계수(β_0 는 상수항)이며 ε_i 는 오차 항으로 기본가정은 $E(\varepsilon_i) = 0$, $\text{Var}(\varepsilon_i) = 2$, 그리고 $\text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0(i \neq j)$ 이다. 회귀분석에서 x_{ik} , β_k , ε_i 가 취할 수 있는 값에 대하여 제한이 없으므로 종속변수 Y_i 의

값도 $-\infty$ 에서 $+\infty$ 사이의 값을 취할 수 있다. 그러나 Y_i 가 단 두 개의 값(예컨대 0과 1)만을 취하고 $E(\varepsilon_i) = 0$ 이라고 하면 종속변수 Y_i 의 기대값 $E(Y_i)$ 는 다음과 같다.

$$E(Y_i) = 1 \cdot \text{Prob}(Y_i = 1) + 0 \cdot \text{Prob}(Y_i = 0) = \text{Prob}(Y_i = 1)$$

따라서

$$\text{Prob}(Y_i = 1) = E(Y_i) = \beta_0 + \sum \beta_k x_{ik} \quad (2)$$

즉 종속변수 Y 의 기대치 $E(Y_i)$ 는 Y_i 가 1이 될 확률로 요약된다. 위의 식 (2)는 이 확률이 독립변수와 선형적인 관계를 가지므로 선형확률모델(linear probability model: LPM)이라 하는 데 β_k 는 독립변수 k 가 이 확률에 미치는 영향을 나타낸다. 먼저 설명의 편의상 $(\beta_0 + \sum \beta_k x_{ik})$ 를 $\beta' X_i$ 의 벡터로 표현하면 식 (2)에 대해서는 회귀분석기법을 그대로 적용하는 데 몇 가지 문제가 있다. 첫째는 $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2$ 의 equal variation 가정이 위배되고 $E(Y_i) = P(Y_i = 1)$ 은 확률로서 0과 1 사이의 값을 취하지만 $\beta' X_i$ 의 값은 제한이 없으므로 LPM을 사용하면 확률 $P(Y_i = 1)$ 의 값이 음수가 되거나 1보다 큰 경우가 생긴다. 또한 $P(Y_i = 1)$ 은 x_i 와 (따라서 $\beta' X_i$) 선형적인 관계를 갖는 것이 아니라 x_i 가 커짐에 따라 (작아짐에 따라) 확률 $P(Y_i = 1)$ 의 증가율(감소율)이 낮아지는 S자 형태의 비선형적인 관계를 가정하는 것이 논리적으로 더 타당하다고 할 수 있다.

위의 식 (2)의 문제점을 해결하는 방안은 좌변이 $\beta' X_i$ 과 마찬가지로 $-\infty$ 에서 $+\infty$ 사이의 값을 갖도록 $P_i [= P(Y_i = 1)]$ 를 변환하는 것으로 이러한 변환은 두 확률의 비율(odds ratio)에 자연로그를 취함으로써 즉 $\log \{P_i/(1 - P_i)\}$ 로 변환하면 $(-\infty, +\infty)$ 사이의 값을 갖게 된다. 이렇게 변환한 아래의 식 (3)의 모델을 logit 모델(혹은 로지스틱 회귀분석)이라 한다.

$$\log \frac{P_i}{(1 - P_i)} = \beta' X_i \quad (3)$$

이를 P_i 에 대해 정리하면

$$P_i = \frac{e^{\beta X_i}}{1 + e^{\beta X_i}} \quad (4)$$

식 (4)는 흔히 로지스틱 함수라고 불리며, P_i 즉 $Y_i = 1$ 이 될 확률은 로지스틱 확률단위(logistic probability unit: logit)로 표현되며 0과 1 사이에서 대칭형의 S자 커브 형태를 갖게 된다.

② 로짓(Logit) 모델의 추정

로짓 모델에서 β 의 추정은 최우도추정법(MLE)를 이용하는 데 먼저 독립변수 X_i 가 주어진 상태에서 y_i 가 1이 될 확률을 $P_i = P(y_i = 1 | X_i)$ 라 하면 $P(y_i = 0 | X_i) = 1 - P_i$ 가 되므로 $P(y_i | X_i)$ 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$P(y_i | X_i) = P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i}$$

y_i 는 0 혹은 1

따라서 n 개의 독립적인 y_i (Y 로 표시)를 관측할 확률, 즉 우도함수(likelihood function)는

$$P(Y | X_i, \beta) = \prod P_i^{y_i} (1 - P_i)^{1-y_i}$$

y_i 는 0 혹은 1

식 (4)의 P_i 를 위의 식에 대입하면

$$P(Y | X_i, \beta) = \prod \left(\frac{e^{\beta X_i}}{1 + e^{\beta X_i}} \right)^{y_i} \left(\frac{1}{1 + e^{\beta X_i}} \right)^{1-y_i}$$

최우도추정법(MLE)은 위의 우도함수(L로 표시)값, 즉 주어진 n 개의 관측치를 얻을 확률을 가장 크게 해주는 $B' = \{\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k\}$ 를 구하는 데 먼저 수학적인 편의상 우도함수를 대수변환(log L) 한다.

$$\log L = \sum [y_i \log P_i + (1 - y_i) \log (1 - P_i)]$$

위의 식을 최대화 하는 β 를 구하기 위해 β_k 에 대해서 각각 편미분($\partial \log L / \beta_k$)을 구한 뒤 이를 각각 영(zero)으로 놓은 우도방정식(likelihood equations)을 β_k 에 대해 계산하면,

$$\frac{\partial \log L}{\partial \beta_k} = \sum \left(y_i - \frac{e^{\beta' X_i}}{1 + e^{\beta' X_i}} \right) x_{ik} = 0$$

$$k = 0, 1, \dots, n$$

우도방정식은 β_k 에 대해서 비선형이므로 임의로 β_k 의 초기값을 부여한 뒤 이를 Newton-Rapson 방법이나 scoring 방법 등을 이용하여 반복적으로 개선해 나간다. 이렇게 추정된 β_k 의 MLE 추정치인 b_k 는 위의 식이 단일극대치(unique maximum)가 되기 위한 조건(2차편미분행렬이 음정치(negative definite)행렬)를 만족한다. MLE 추정량은 모수에 대해 불편성(unbiasedness)과 효율성(efficiency)을 가지며 점근적으로(표본크기가 100 이상이 되면) 정규분포를 갖는 데 분산-공분산 행렬인 Σ (정보행렬: information matrix)는 아래의 식과 같으며 이를 이용하여 각 독립변수에 대한 유의성 검정($H_0: \beta_k = 0$)을 하게 된다.

$$\Sigma = \left[E \left(- \frac{\partial^2 \log L}{\partial \beta \partial \beta'} \right) \right]^{-1}$$

IV. 결 론

본 연구는 IMT-2000에 대한 사용 욕구와 IMT-2000 서비스 가격에 대한 자료를 바탕으로 소비자의 IMT-2000 서비스 수요예측 모형에 관한 연구이다. 이를 위해 Markov 전이모형에서는 시간의 변화에 따라 비 사용자 그룹 중에서 단위기간 중 일정비율로 기존 서비스로 선택하며 그 중에서 일정 비율(p_i)가 진화된 서비스를 선택하고 기능의 우월성이나 편리성 때문에 기존의 서비스 수요자 중 비율(q_i)가 진화된 서비스로 대체한다. 특히 기존의 핸드폰/PCS의 이동통신 시장이 포화 상태에 도달하

였다는 가정 하에, 기존의 서비스에 새로운 기능이 추가되어 새로운 형태의 서비스로 진화하는 경우에도 서비스를 사용하고 있는 그룹을 각각 구분하여 각 그룹들의 IMT-2000 서비스의 전이수요를 중심으로 신규 예상 가입자와 기존의 이용자가 IMT-2000 으로 전이하는 Markov 전이모형을 사용한다. 이 경우 그룹들간의 관계를 모형하고 그 관계를 근거로 각각의 그룹의 규모를 추정하고 예측하는 것이 본 연구에서 제시하는 IMT-2000 의 수요예측 모형이다.

시간이 흐르면서 변화하는 IMT-2000 의 전이수요는 가입확률의 기댓값(\bar{P})으로 표현하는 데, \bar{P} 는 선택모형을 이용하여 구하고 서비스의 확산은 $t-1$ 년도에서 핸드폰/PCS 가입상태에 있는 잠재 가입자가 $t-1$ 시점에 IMT-2000 으로 대체할 확률로부터 구한다. 또한 IMT-2000 가입확률의 기댓값(\bar{P})을 구하기 위해 logit 모델의 β 값을 추정하여 사용하는 데, 이는 설문조사를 통해 유의하게 나온 요인들을 분석하여 추정하는 방법을 사용한다.

참고자료

- 김선경 · 박명환 외 4인 (1995. 7). 신규통신서비스 수요예측: LEO 수요예측 사례. 한국통신 학회지.
- 박명환 · 박영선 · 전덕빈 외 5인 (1994). 통신서비스의 경쟁 및 보완관계. 정보통신, 11권 10호, 139-156.
- 전덕빈 · 박명환 외 4인 (1994). 고객지향적 통신서비스 계층분류체계. 정보통신, 11권 2호, 123-132.
- 전덕빈 · 박명환 외 (1995). 통신서비스 분석기법 및 진화모델링 기술연구. 한국통신 연구개발원.
- 정보통신부(1997). 정보통신발전 중기전망('97~2001년).
- 한국전자통신연구원. 주간기술동향.
- 한국전자통신연구원 (1996). 정보통신기술개론.
- 한국전자통신연구원 (1997. 7). 제 1회 IMT-2000 기술개발 경과 발표자료.

- Bass, Frank M. (1969). A New Product Growth for Model Consumer Durables. *Management Science*, 15(5), 215-227.
- Bass, F. (1986). The Adoption of a Marketing Model: Comments and Observations. in *Innovation Diffusion of New Product Acceptance*, Vijay Mahajan and Yoram Wind, eds. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.
- Bayus, B. (1992). The Dynamic Pricing of Next Generation Consumer Durables. *Marketing Science*, 11(3), 251-265.
- Bayus, B. (1993). High-Definition Television : Assessing Demand Forecasts for a Next Generation Consumer Durable. *Management Science*, 39(11), 1319-1333.
- Ben-Akiva, M. and S. Lerman (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press.
- Horsky, D. and L. Simon (1983). Advertising and the Diffusion of New Products. *Marketing Science*, 2(1), 1-17.
- Jain, C.L. (1987). *A Managerial Guide To Judgemental Forecasting*, Graceway Publishing Co.
- Lawrence, K. and W. Lawton (1981). Applications of Diffusion Models: Some Empirical Results. in *New Product Forecasting*, Yoram Wind, Vijay Mahajan, and R.C. Cardozo, eds. Lexington, MA: Lexington Books, 529-541.
- Mahajan, Vijay, Eitan Muller and F. M. Bass (1990). New Product Diffusion Models in Marketing : A Review and Directions for Research. *Journal of Marketing*, 54, 1-26.
- Mahajan, Vijay, and E. Muller (1979). Innovation Diffusion and New Product Growth Models in Marketing. *Journal of Marketing*, 43, 55-68.
- Peterson, Robert A. and Vijay Mahajan (1978). Multi-Product Growth Models. in *Research in Marketing*, J. Sheth, ed. Greenwich, CT: JAI Press, Inc., 201-231.
- Robinson, B. and C. Lakhani (1975). Dynamic Price Models for New-Product Planning. *Management Science*, 21(10), 1113-1122.
- Sultan F., J. Farley and D. Lehmann (1990). A Meta-Analysis of Applications of Diffusion Models. *Journals of Marketing*, 27, 70-77.
- Thomas, R. (1985). Estimating Market Growth for New Products: An Analogical Diffusion Model Approach. *Journal of Product Innovation Management*, V2, 45-55.

A Demand Forecasting Model of IMT-2000